

LINEAR ACTUATOR

Publication number: JP2001258235 (A)

Publication date: 2001-09-21

Inventor(s): MUNAKATA HIROAKI; TAKETOMI MASAKI

Applicant(s): HITACHI METALS LTD; HITACHI METALS KIKO CO LTD

Classification:

- **international:** H02K41/03; H02K41/03; (IPC1-7): H02K41/03

- **European:**

Application number: JP20000064278 20000309

Priority number(s): JP20000064278 20000309

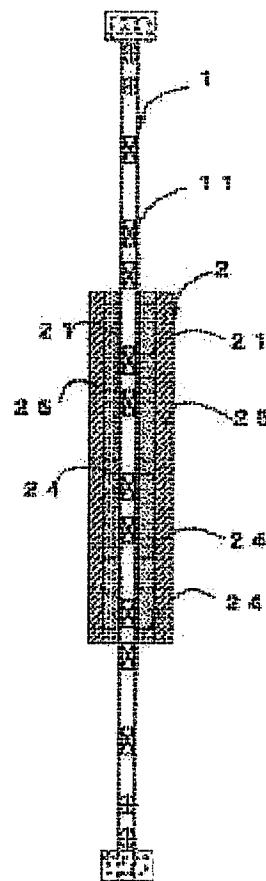
Also published as:

JP3814119 (B2)

Abstract of JP 2001258235 (A)

PROBLEM TO BE SOLVED: To smooth the movement and stop of a moving magnet linear actuator by reducing the thrust ripple ratio of a mover having several permanent magnets for field arranged in the moving direction of the mover.

SOLUTION: The thrust ripple ratio is reduced by making uniform the void magnetic flux density distribution due to the plurality of the permanent magnets for field arranged in the moving direction of the mover, that is, by reducing the difference between maximum magnetic flux density maximum value and minimum magnetic flux density maximum value to a value not more than 3% of means value. Specifically, the magnetic force of permanent magnets for field used for the central portion is made lower than the magnetic force of permanent magnets for field at the ends.



Data supplied from the **esp@cenet** database — Worldwide

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-258235

(P2001-258235A)

(43)公開日 平成13年9月21日 (2001.9.21)

(51)Int.Cl.⁷

H 02 K 41/03

識別記号

F I

テ-マコト^{*}(参考)

H 02 K 41/03

A 5 H 6 4 1

審査請求 未請求 請求項の数 7 O.L (全 7 頁)

(21)出願番号 特願2000-64278(P2000-64278)

(22)出願日 平成12年3月9日 (2000.3.9)

(71)出願人 000005083

日立金属株式会社

東京都港区芝浦一丁目2番1号

(71)出願人 393027383

日立金属機工株式会社

群馬県多野郡吉井町多比良2977番地

(72)発明者 宗像 浩昭

群馬県多野郡吉井町多比良2977番地 日立
金属機工株式会社内

(74)代理人 100074848

弁理士 森田 寛

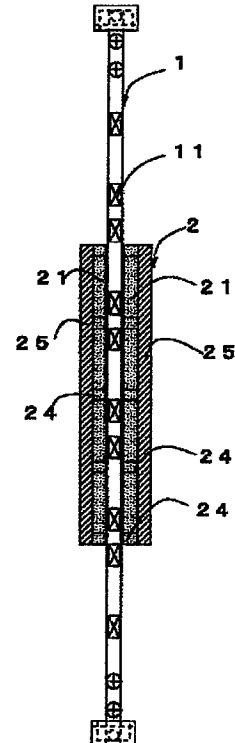
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 リニアアクチュエータ

(57)【要約】

【課題】 可動磁石型リニアアクチュエータで、可動子の移動方向に並んでいる数個の界磁用永久磁石を持った可動子の推力リップル率を小さくして、運動・停止を滑らかにする。

【解決手段】 可動子の移動方向に並んでいる複数個の界磁用永久磁石による空隙磁束密度分布を均一、すなわち磁束密度極大値の最大と最小の差を平均値の3%以下にすることによって推力リップル率を小さくする。具体的には中央の界磁用永久磁石として端部のものよりも磁力の低いものを用いる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 交番磁界を生じるように並べられた励磁コイルを持った固定子と、この固定子と対向するように並べられた複数個の界磁用永久磁石を持ち励磁コイルに沿って走行することができる可動子とを有するリニアアクチュエータにおいて、前記複数個の界磁用永久磁石は、各々の一方の磁極が前記励磁コイルに向いており、界磁用永久磁石に対応する空隙磁束密度は、絶対値の極大値の最大と最小との差が、その極大値の最大と最小との平均値に対する割合で、3%以内であることを特徴とするリニアアクチュエータ。

【請求項2】 前記複数個の界磁用永久磁石のうち走行方向端部にある界磁用永久磁石は、それ以外の界磁用永久磁石よりも保磁力 $b H c$ が大であることを特徴とする請求項1記載のリニアアクチュエータ。

【請求項3】 前記複数個の界磁用永久磁石のうち走行方向端部にある界磁用永久磁石は、その磁化方向長さが、それ以外の界磁用永久磁石の磁化方向長さよりも大であるとともに、これら界磁用永久磁石の前記一方の磁極は励磁コイルに対向している同一面内にあることを特徴とする請求項1あるいは2記載のリニアアクチュエータ。

【請求項4】 前記複数個の界磁用永久磁石のうち走行方向端部にある界磁用永久磁石は、その前記一方の磁極面の面積が、それ以外の界磁用永久磁石の前記一方の磁極面の面積よりも大であるとともに、これら界磁用永久磁石の前記一方の磁極は励磁コイルに対向している同一面内にあることを特徴とする請求項1～3いずれか記載のリニアアクチュエータ。

【請求項5】 偏平状に形成した電磁コイルを連ねて配設してなる固定子と、一連の複数の界磁用永久磁石によって前記固定子の長手方向に沿って極性の異なる磁界を交互に形成しつつ前記固定子の長手方向に沿って移動自在に配設した可動子とを有し、前記複数の界磁用永久磁石は同一形状かつ同一寸法としそのうちの両端に位置する永久磁石のB-H曲線は同一温度における他の永久磁石のB-H曲線より高い位置にあり、磁束密度分布のピーク値を実質的に同一としたことを特徴とするリニアアクチュエータ。

【請求項6】 偏平状に形成した電磁コイルを連ねて配設してなる固定子と、ヨークに固定された一連の複数の界磁用永久磁石によって前記固定子の長手方向に沿って移動自在に配設した可動子とを有し、前記複数の界磁用永久磁石は同一のB-H曲線を有しつつそのうちの両端に位置する永久磁石の着磁方向の寸法を他の永久磁石のそれより大きくし、磁束密度分布のピーク値を同一としたことを特徴とするリニアアクチュエータ。

【請求項7】 偏平状に形成した電磁コイルを連ねて配設してなる固定子と、一連の複数の界磁用永久磁石によ

って前記固定子の長手方向に沿って極性の異なる磁界を交互に形成しつつ前記固定子の長手方向に沿って移動自在に配設した可動子とを有し、前記複数の界磁用永久磁石は直方体形状とし可動子の移動方向に平行な面の中央部にある界磁用永久磁石面に凹部を設け、磁束密度分布のピーク値を実質的に同一としたことを特徴とするリニアアクチュエータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明はリニアアクチュエータ、特に固定子側にコイルを設け、可動子側に永久磁石を持っている可動磁石型リニアアクチュエータに関するものである。

【0002】

【従来の技術】 10cmないし1mの長いストロークの範囲内で物体の移動若しくは位置決めを行うためには、例えば移動方向に沿って異極が交互に現われるように複数個の永久磁石を設け、これらの永久磁石と対向する位置に複数個のコイルを設けるとともに、上記永久磁石またはコイルのいずれか一方を固定子とし、他方を可動子とした永久磁石式リニアアクチュエータが使用されている。

【0003】 永久磁石式リニアアクチュエータには、可動子にコイルを設け、固定子に永久磁石を並べた可動コイル型と、可動子に永久磁石を設け、固定子にコイルを並べた可動磁石型がある。可動コイル型リニアアクチュエータは、可動子が軽く慣性が小さいので位置決め精度をよくできるが、固定子に多数の永久磁石を並べておらず、それらの永久磁石の特性を正確に合わせることができないために、固定子上の位置によって推力に変動を持っていることがあるという問題がある。反対に可動磁石型リニアアクチュエータは、可動子に永久磁石を備えているために可動子が重くなるが推力の均一さを得やすいという利点がある。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、複数の永久磁石を移動方向に並べた可動子の場合、永久磁石が対向して形成する空隙の中央位置における磁束密度分布が均一にならないことがあり、そのために可動子と通電されているコイルとの相対位置によって推力リップルと呼ばれる位置決め精度の低下や整定時間の増加といったことが生じて、半導体製造装置のステッパーのようにサブミクロンあるいはナノメータオーダーの位置決め精度が要求される用途においては特に問題となる。

【0005】 本発明は上記従来技術の問題点を解決し、推力リップルを大幅に低減できる可動磁石型のリニアアクチュエータを提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明のリニアアクチュエータは、交番磁界を生じるように並べられた励磁コイ

ルを持った固定子と、この固定子と対向するように並べられた複数個の界磁用永久磁石を持ち励磁コイルに沿って走行することのできる可動子とを有するものにおいて、前記複数個の界磁用永久磁石は、各々の一方の磁極が前記励磁コイルに向いており、界磁用永久磁石に対応する空隙磁束密度は、絶対値の極大値の最大と最小との差が、その極大値の最大と最小との平均値に対する割合で、3%以内であることを特徴とする。

【0007】前記複数個の界磁用永久磁石のうち走行方向端部にある界磁用永久磁石は、それ以外の界磁用永久磁石よりも保磁力 bHc が大であることが好ましい。

【0008】また、本発明のリニアアクチュエータにおいては、前記複数個の界磁用永久磁石のうち走行方向端部にある界磁用永久磁石は、その磁化方向長さが、それ以外の界磁用永久磁石の磁化方向長さよりも大であるとともに、これら界磁用永久磁石の前記一方の磁極は励磁コイルに対向している同一面内にあることができる。

【0009】また、前記複数個の界磁用永久磁石のうち走行方向端部にある界磁用永久磁石は、その前記一方の磁極面の面積が、それ以外の界磁用永久磁石の前記一方の磁極面の面積よりも大であるとともに、これら界磁用永久磁石の前記一方の磁極は励磁コイルに対向している同一面内にあることができる。

【0010】本発明のリニアアクチュエータは、偏平状に形成した電磁コイルを連ねて配設してなる固定子と、一連の複数の界磁用永久磁石によって前記固定子の長手方向に沿って極性の異なる磁界を交互に形成しつつ前記固定子の長手方向に沿って移動自在に配設した可動子とを有し、前記複数の界磁用永久磁石は同一形状かつ同一寸法としそのうちの両端に位置する永久磁石のB-H曲線は同一温度における他の永久磁石のB-H曲線より高い位置にあり、磁束密度分布のピーク値を実質的に同一としたことを特徴とする。

【0011】また、本発明のリニアアクチュエータは、偏平状に形成した電磁コイルを連ねて配設してなる固定子と、ヨークに固定された一連の複数の界磁用永久磁石によって前記固定子の長手方向に沿って移動自在に配設した可動子とを有し、前記複数の界磁用永久磁石は同一のB-H曲線を有しつつそのうちの両端に位置する永久磁石の着磁方向の寸法を他の永久磁石のそれより大きくし、磁束密度分布のピーク値を同一としたことを特徴とする。

【0012】更に本発明のリニアアクチュエータは、偏平状に形成した電磁コイルを連ねて配設してなる固定子と、一連の複数の界磁用永久磁石によって前記固定子の長手方向に沿って極性の異なる磁界を交互に形成しつつ前記固定子の長手方向に沿って移動自在に配設した可動子とを有し、前記複数の界磁用永久磁石は直方体形状とし可動子の移動方向に平行な面の中央部にある永久磁石面に凹部を設け、磁束密度分布のピーク値を実質的に同一

としたことを特徴とする。

【0013】

【発明の実施の形態】以下本発明を実施例に基づいて詳細に説明する。図1に本発明の実施例のリニアアクチュエータを断面図にて示している。1は固定子であり、固定子に沿って多くのコイル11が並んでいる。2は可動子であり、固定子1を挟む形に永久磁石21が配置されていて、中空角筒状になっている。固定子の両面に1～数個の永久磁石21の磁極が対向して配置されており、磁気空隙のところに固定子1が位置するようになっている。図1に示すものでは固定子の片面に向いている磁極は4極あり、これらは界磁用永久磁石の一方の磁極である。固定子面に向いている界磁用永久磁石磁極が順次反対極性となるように並んでおり、各界磁用永久磁石21と、固定子1を介して、対向している界磁用永久磁石21も反対極性となっている。

【0014】界磁用永久磁石21の裏側の磁極同士、すなわち固定子1と反対側の磁極同士はヨーク25で結ばれている。固定子1の両側に並んでいる界磁用永久磁石21の裏側の磁極もこのヨーク25で結ばれているのでヨーク25は固定子1をまたぐ馬蹄形あるいは筒形をしている。図1に示している可動子2では、界磁用永久磁石21と隣の界磁用永久磁石21の間および端にある界

20 磁用永久磁石21の外側には、界磁用永久磁石の側面方向に磁化されている補助磁石24が設けられていて、界磁用永久磁石の対向している磁極間での空隙磁束密度分布に広がりを付けるようにしている。

【0015】本発明の第一実施例のリニアアクチュエータに用いている中空角筒状可動子2で、固定子1の片側にある界磁用永久磁石構造の平面図および断面図を各々図2と図3に示している。図2では4個の界磁用永久磁石21の磁極が左から右にS, N, S, N極と並ぶように固定子側を向いている。界磁用永久磁石の端と界磁用永久磁石間には補助磁石24が設けられており、界磁用永久磁石と補助磁石の磁化方向は図3に矢印で示している。可動子のヨーク25は軟磁性体で作られている。

【0016】界磁用永久磁石21の大きさは、その磁極面が35mm×50mmで、その磁化方向の長さが7mmの矩形のものとした。また、補助磁石24の大きさは磁極面が7mm×50mmでその磁化方向の長さを5mmとした。これらの永久磁石はすべてNdFeB系の焼結磁石であるが、両端の界磁用永久磁石21と補助磁石24は日立金属社製HS42AH材を用い、中央部の界磁用永久磁石21は日立金属社製HS37BH材を用いた。同一温度におけるHS42AH材とHS37BH材の代表的な減磁曲線を図4に示しているように、HS42AH材は残留磁束密度、エネルギー積、保磁力 bHc とともにHS37BH材よりも高くなっている。

【0017】この可動子2で対向している界磁用永久磁石21の空隙中央、すなわち固定子コイルの位置におけ

る空隙磁束密度分布を図2の3-3線に沿って測定したものを図5に示している。界磁用永久磁石に対応する空隙磁束密度の絶対値の極大値の最大は0.749T(テスラ)で、最小は0.733Tであり、その差は0.016T(2.1%:絶対値の極大の最大と最小との平均に対する差の比率)であった。

【0018】この可動子2を用いたリニアアクチュエータの推力を測定した結果を図6に示している。推力の極大値の最大は1.935kgf、最小は1.860kgf、平均は1.914kgfであり、リップル率は1.96%であった。ここでリップル率は最大と最小の差の半分の平均に対する比率である。

【0019】次に、上記第一実施例で用いたのと同じ寸法をしているが、界磁用永久磁石はすべてHS42AH材とした中空角筒状可動子を持ったリニアアクチュエータを比較例として用意した。ここで用いた界磁用永久磁石の磁気特性は図4に示すものである。この可動子の空隙磁束密度分布は図7に示すように磁束密度の極大値の最大は0.781Tで最小は0.751Tでその差は0.030T(3.9%)であった。また、この可動子を用いたリニアアクチュエータの推力は図8に示すように最大は2.068kgf、最小は1.938kgfであり、リップル率は3.25%であった。

【0020】上に説明した第一実施例のリニアアクチュエータを比較例のものと比べると、本発明で、可動子中央の磁石として比較的特性の低い磁石を用い、両端部の磁石として比較的特性の高い磁石を用いることによって、空隙磁束密度分布の極大値の最大と最小の差を小さくすることができ、リニアアクチュエータとしての推力リップル率を小さくすることができた。

【0021】このように第一実施例で空隙磁束密度分布の差を小さくすることができた原因是、以下のように考えることができる。図4に示す磁石の減磁曲線上に磁石の動作点を記入している。可動子中央の界磁用永久磁石ではパーミアンス係数はほぼ1.4であり、可動子端部の界磁用永久磁石ではパーミアンス係数はほぼ1.3であると考えられる。

【0022】そのために中央と端部の界磁用永久磁石として同じHS42AH材を用いた場合、その動作点の磁束密度を比較すると、中央の永久磁石では端部の永久磁石よりもかなり高くなっている。しかし、中央の界磁用永久磁石として比較的特性の低いHS37BH材を用いたときは、その動作点の磁束密度と両端部の特性の高いHS42AH材の磁束密度はほぼ同じなので、リニアアクチュエータの可動子の磁束密度分布での極大値の差を小さくすることができたものと考えられる。

【0023】本発明の第二実施例のリニアアクチュエータに用いている中空角筒状可動子2で、可動子の片側にある界磁用永久磁石構造の断面図を図9に示している。ここで平面図は図2と同じなのでそれを用いることにす

る。界磁用永久磁石21と補助磁石24の磁化方向は図9に矢印で示しているように、第一実施例と同じである。中央の界磁用永久磁石21と補助磁石24は図3に示している第一実施例の中央の界磁用永久磁石21と補助磁石24と各々同じ寸法をしているが、端部の界磁用永久磁石21はその磁化方向の長さが8mmと中央のものよりも1mm長くなっている。それに伴い端部の補助磁石24の幅が8mmと、図3に示しているものよりも1mm幅が広くなっている。ここで用いた永久磁石はすべて図4に減磁曲線を示しているHS42AH材である。

【0024】この可動子で対向している界磁用永久磁石の空隙中央、すなわち固定子コイルの位置における磁束密度分布を図10に示している。磁束密度の極大値の最大は0.780Tで最小は0.768Tでありその差は0.012T(1.55%)であった。この可動子を備えたリニアアクチュエータの推力を測定した結果を図11に示す。推力の最大は2.050kgf、最小は1.980kgfであり、そのリップル率は1.74%であった。このように第二実施例においても可動子中央部における磁束密度分布の極大値の差が小さくなり、推力のリップル率も小さなものとなった。

【0025】本発明の第三実施例のリニアアクチュエータに用いている中空角筒状可動子2で、固定子の片側にある界磁用永久磁石構造を図12~14に示している。図12は磁極を示す平面図、図13は図12の13-13断面図、図14は図12の14-14断面図である。ここで用いている永久磁石は第一実施例のものと外形寸法は同じであるが、中央の界磁用永久磁石21はその上下端面から半円状の切り込み22を設けてあるためにその永久磁石の面積が20%程小さくなっているものである。界磁用永久磁石21及び補助磁石24として第二実施例と同じくHS42AH材を用いた。

【0026】この可動子で対向している界磁用永久磁石の空隙中央、すなわち固定子コイルの位置における磁束密度分布、リニアアクチュエータの推力を図15、図16に各々示している。磁束密度の極大値の最大は0.724Tで最小は0.707Tでその差は0.017T(2.3%)であった。また、推力の最大は1.894kgf、最小は1.856kgfであり、リップル率は2.0%であった。

【0027】第三実施例のように磁束密度の高くなる中央の界磁用永久磁石の中央部の一部分を切り欠くことによって、図17に拡大図で示すように空隙磁束密度の高い部分が広くなるので推力を極めて滑らかなものとすることができます。

【0028】

【発明の効果】以上詳しく述べたように本発明のリニアアクチュエータでは、可動子の界磁用永久磁石の空隙中央での磁束密度分布の極大値の最大と最小の差を平均

磁束密度の3%以下としており、それによって推力のリップル率を従来3%以上あったものを、小さくすることができた。推力のリップル率を小さくすることができたので、可動子の運動・停止が滑らかなものとなった。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例のリニアアクチュエータの断面図を示す。

【図2】本発明の第一実施例に用いている中空角筒状可動子の界磁用永久磁石構造の平面図である。

【図3】図2の3-3断面図である。

【図4】本発明の実施例に用いている永久磁石の減磁曲線を示すグラフである。

【図5】本発明の第一実施例に用いている中空角筒状可動子の空隙磁束密度分布を示すグラフである。

【図6】本発明の第一実施例での推力分布を示すグラフである。

【図7】比較例に用いている中空角筒状可動子の空隙磁束密度分布を示すグラフである。

【図8】比較例での推力分布を示すグラフである。

【図9】本発明の第二実施例に用いている中空角筒状可動子の界磁用永久磁石構造の断面図(図2の9-9断面図)である。

【図10】本発明の第二実施例に用いている中空角筒状*

*可動子の空隙磁束密度分布を示すグラフである。

【図11】本発明の第二実施例での推力分布を示すグラフである。

【図12】本発明の第三実施例に用いている中空角筒状可動子の界磁用永久磁石構造の平面図である。

【図13】図12の13-13断面図である。

【図14】図12の14-14断面図である。

【図15】本発明の第三実施例に用いている中空角筒状可動子の空隙磁束密度分布を示すグラフである。

10 【図16】本発明の第三実施例での推力分布を示すグラフである。

【図17】本発明の第三実施例に用いている中空角筒状可動子の空隙磁束密度分布の一部分を拡大したグラフである。

【符号の説明】

1 固定子

11 コイル

2 可動子

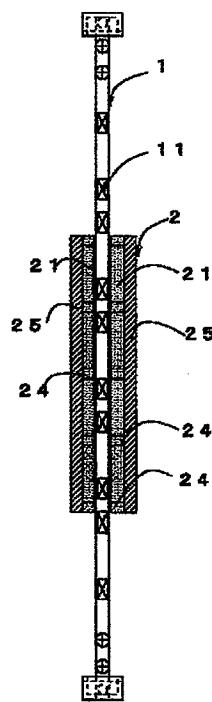
21 (界磁用) 永久磁石

22 切り込み

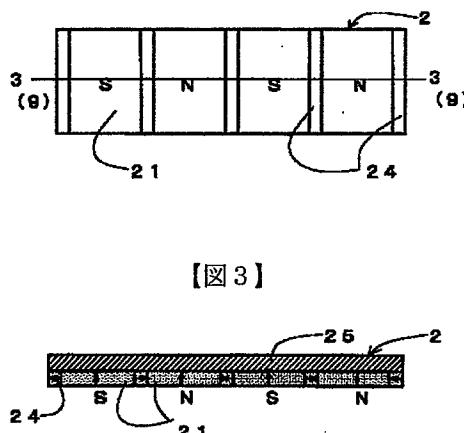
24 補助磁石

25 ヨーク

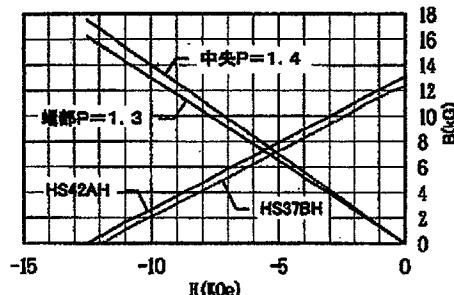
【図1】



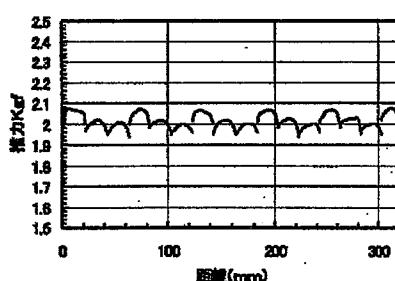
【図2】



【図3】



【図4】



【図8】

18

16

14

12

10

8

6

4

2

0

18

16

14

12

10

8

6

4

2

18

16

14

12

10

8

6

4

2

18

16

14

12

10

8

6

4

2

18

16

14

12

10

8

6

4

2

18

16

14

12

10

8

6

4

2

18

16

14

12

10

8

6

4

2

18

16

14

12

10

8

6

4

2

18

16

14

12

10

8

6

4

2

18

16

14

12

10

8

6

4

2

18

16

14

12

10

8

6

4

2

18

16

14

12

10

8

6

4

2

18

16

14

12

10

8

6

4

2

18

16

14

12

10

8

6

4

2

18

16

14

12

10

8

6

4

2

18

16

14

12

10

8

6

4

2

18

16

14

12

10

8

6

4

2

18

16

14

12

10

8

6

4

2

18

16

14

12

10

8

6

4

2

18

16

14

12

10

8

6

4

2

18

16

14

12

10

8

6

4

2

18

16

14

12

10

8

6

4

2

18

16

14

12

10

8

6

4

2

18

16

14

12

10

8

6

4

2

18

16

14

12

10

8

6

4

2

18

16

14

12

10

8

6

4

2

18

16

14

12

10

8

6

4

2

18

16

14

12

10

8

6

4

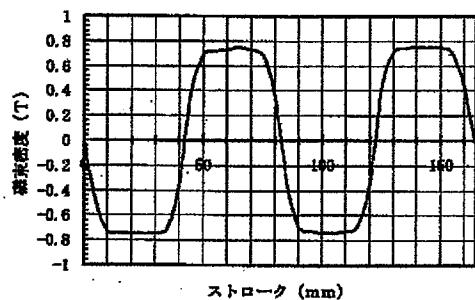
2

18

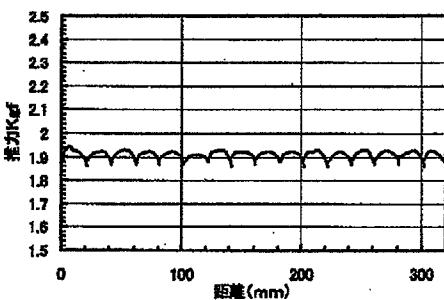
16

14

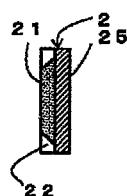
【図5】



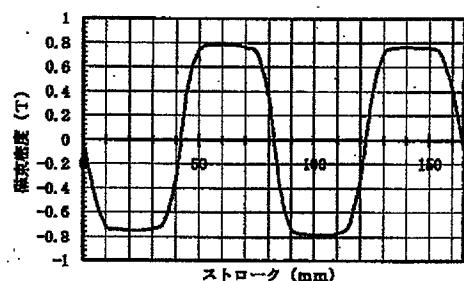
【図6】



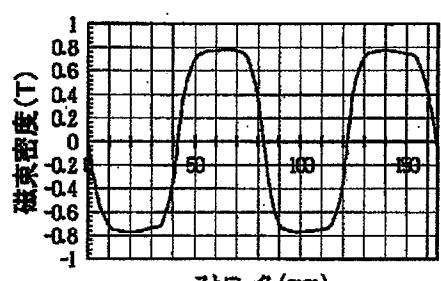
【図14】



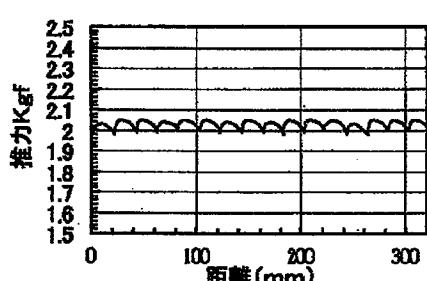
【図7】



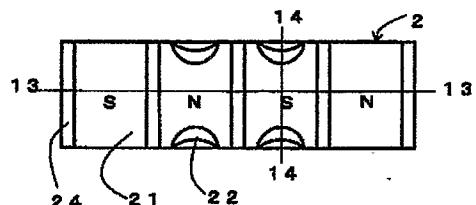
【図10】



【図11】



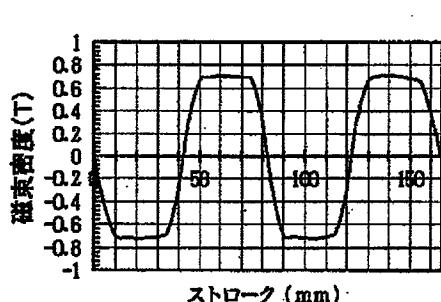
【図12】



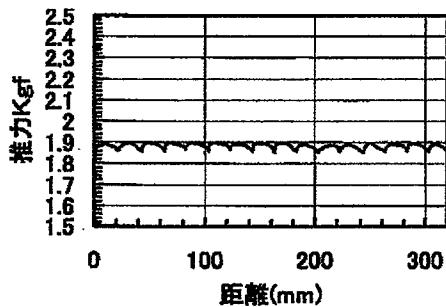
【図13】



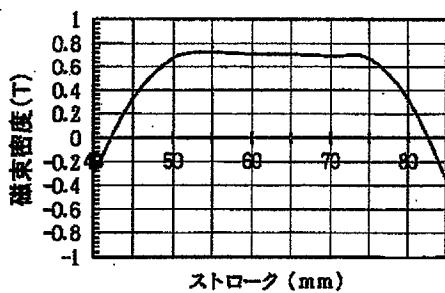
【図15】



【図16】



【図17】



フロントページの続き

(72)発明者 武富 正喜

群馬県多野郡吉井町多比良2977番地 日立
金属機工株式会社内

F ターム(参考) 5H641 BB10 GG02 GG07 HH03 HH16
JA02 JA11